Микросенсорные сетевые технологии для мониторинга урожая и минимизации воздействия химической обработки растений

Стеффен Курт
Fraunhofer ENAS, г. Кемниц (Германия) http://www.enas.fraunhofer.de
Сергей Карабанов
Рязанский государственный радиотехнический университет, г. Рязань (Россия) http://www.rsreu.ru



RSREU



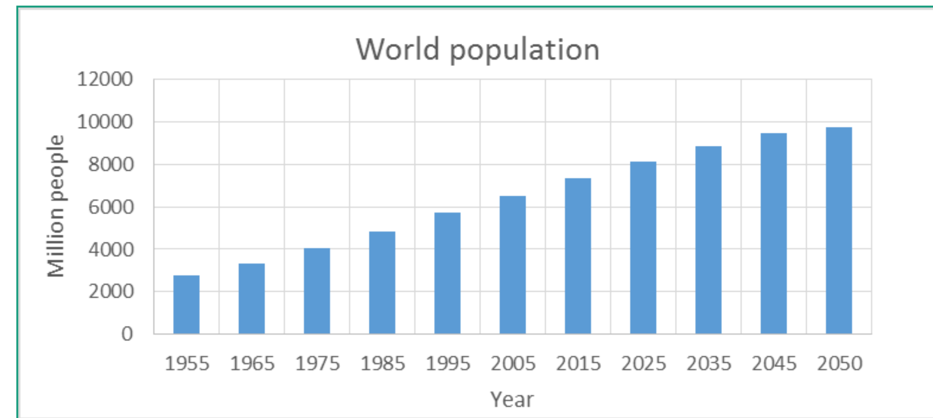
© Fraunhofer ENAS

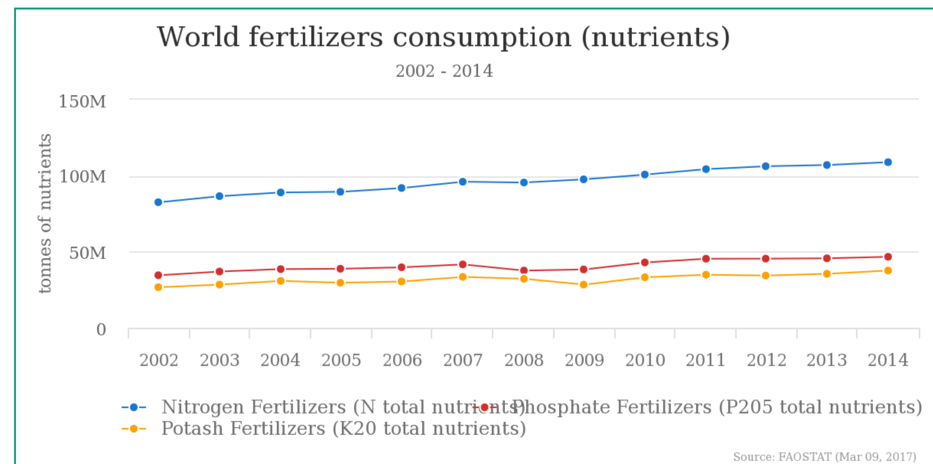
VISIT…

LANZAROTE Caliente.COM

Глобальный рост населения и потребность в питании

- Прогноз на 2050: рост населения на 32% по сравнению с 2015 годом.
- Спрос на высокий урожай в растениеводстве, овощеводстве и плодоводстве
- Очень эффективные защитные меры, основанные на средствах защиты растений, необходимо применять для того, чтобы сократить потери от вредителей и болезней растений.
- Ожидается, что рынок точного земледелия будет расти с 3.20 млрд. дол. США в 2015 г. до 7.87 млрд. дол. США к 2022 г. (Источник: MARKETSandMARKETS)





Source: Food and Agriculture Organization of the United Nations

© Fraunhofer ENAS

RSREU Fraunhofer ENAS

Мотивация: Снижение трудоёмкости, сокращение затрат и снижение уровня загрязнения окружающей среды

Устойчивое сельское хозяйство и ресурсосбережение

- ➢Более высокая урожайность с меньшим потреблением воды
- ➢Уменьшение засоления почвы
- ➢ Оптимальные условия для применения сельскохозяйственных химикатов



Определение параметров урожая:

- ✓Азот, Хлорофилл
- ✓Индекс вегетации
- ✓Фитопатология, садовые вредители
- ✓Степень спелости

Определение почвенных условий:

- ✓Плотность почвы
- ✓Обеспечение растений питательными веществами
- ✓Уровень pH
- ✓Содержание органических веществ, электропроводность
- ✓Орошение

Локализованное обнаружение может использоваться для:

- ❖Конкретного управления зонами посевов и индивидуального контроля
- ❖Применения сельскохозяйственных химикатов на основе индивидуальных потребностей участков поля
- ❖Уменьшения количества удобрений

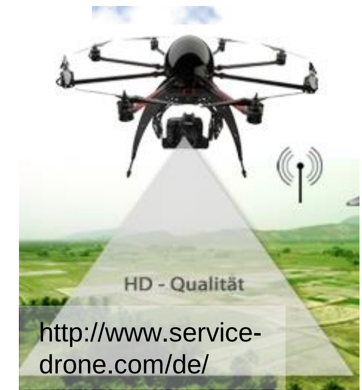


Современное состояние технологии на рынке

- **Датчики растений**
  - YARA (N-датчик, N-Тестер)
  - Agricon (P3 Sensor ALS, RX, US, H-Sensor)
  - Trimble (Greenseeker, Weedseeker)
  - Holland Scientific (Crop Circle, Rapid Scan)
  - Fritzmeier (Isaria, MiniVeg N)
  - Topcon (CropSpec)
  - Müller Electronik (Crop-Meter)
  - John Deere (Harvest Lab)
  - Carl Zeiss (Corona)
- **Датчики почвы**
  - Soil Doctor System
  - Veris technologies (Soil EC, Soil OM, Soil pH)
  - Geonics Limited (Ground Conductivity Meters)









© Fraunhofer ENAS

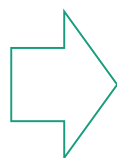
RSREU

Fraunhofer ENAS

Прогнозирование вероятности заражения на основе погодных данных

Погодные данные

- Температура воздуха
- Влажность
- Осадки

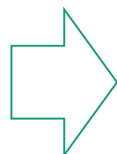




Минус: Расчётное прогнозирование состояния растений с грубой сеткой прогноза (низкое локальное разрешение)

Микроклиматические данные

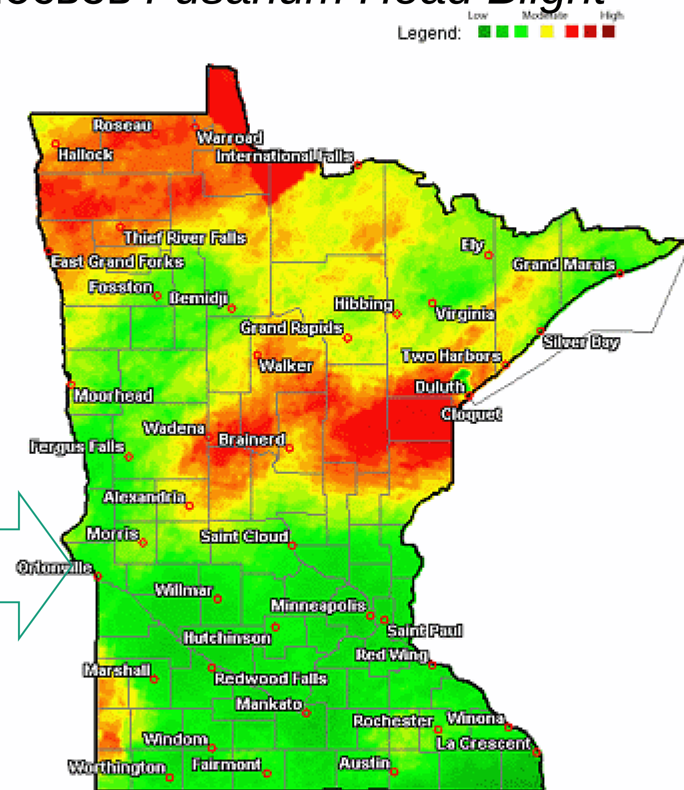
- Температура воздуха
- Температура почвы
- Влажность
- Влажность почвы
- Влажность листвы





Плюс: Высокое локальное разрешение для точного земледелия!

Пример: Модель прогнозирования риска инфицирования фузариозом колосьев *Fusarium Head Blight*



Источник: Hollingsworth et al. Plant Helth Progress 2006 (https://www.plantmanagementnetwork.org/pub/php/research/2006/fhb/)

© Fraunhofer ENAS

RSREU

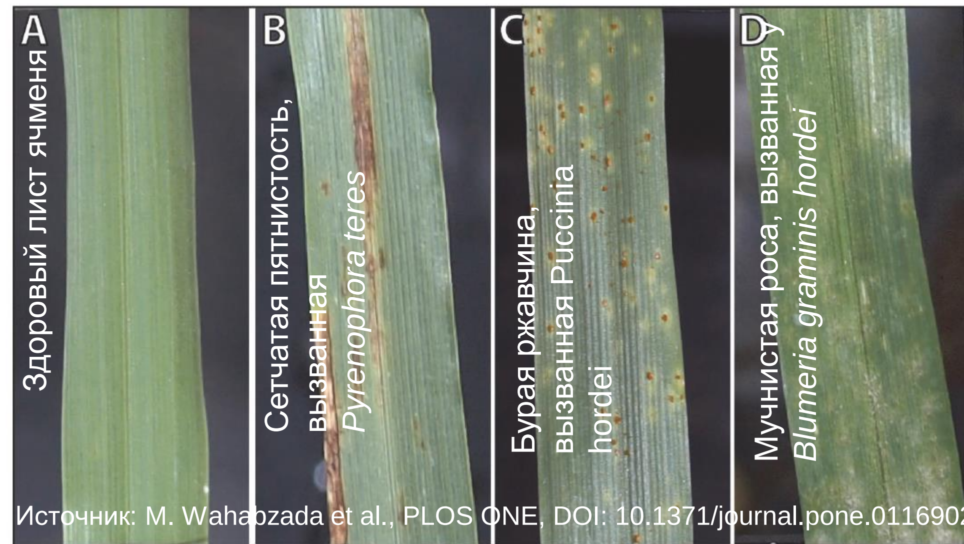
Fraunhofer ENAS

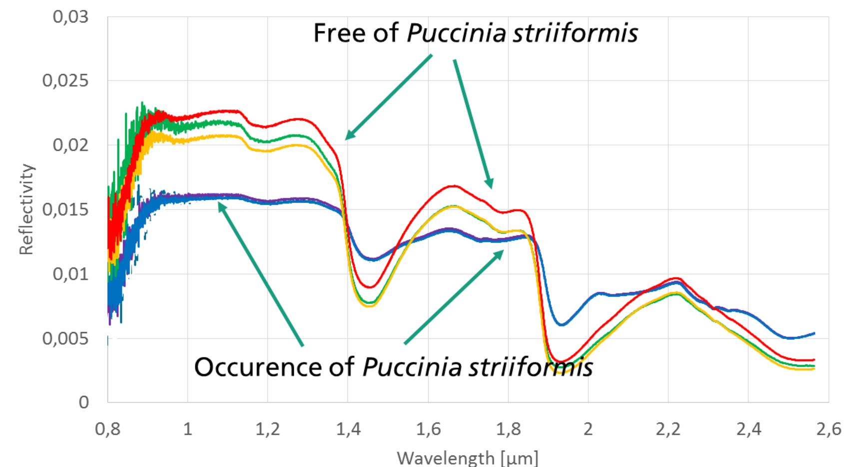
Спектральные данные выявления болезней растений

- Сбор спектральных данных и вывод гиперспектральных показателей
- Обработка данных (метод главных компонентов, нейронная сеть)

Применения:

- Оптимизация условий:
  - Фотосинтез,
  - Испарение,
  - Устьичная проводимость
  - Внутренняя концентрация CO_2
- Обнаружение болезней растений
- Оптимальное применение удобрений и химических средств защиты растений





Спектры отражения пшеницы с и без *Puccinia striiformis*

© Fraunhofer ENAS

RSREU

Fraunhofer ENAS

Текущие технические проблемы

- **Ручные средства измерение или датчик на сельскохозяйственном тракторе**
  - Сегодня: Получение данных на фиксированной длине волны
  - Завтра: Спектроскопия и гиперспектральное изображение поля
- **Дроны (ручной и автономный полёт)**
  - Сегодня: Получение цифровых изображений и видеофрагментов поля
  - Завтра: Комбинация данных изображения при различных длинах волн
  - **Сенсорные сети**
  - Сегодня: Ручное измерение (образцов почвы, растений), ручная апробация
  - Завтра: Распределённые сенсорные сети, предоставляющие данные в режиме реального времени

Проблемы и цели: Размер! Цена! Отлично!

© Fraunhofer ENAS

Датчики мониторинга состояния почвы

Уровень техники: кабельные сети датчиков

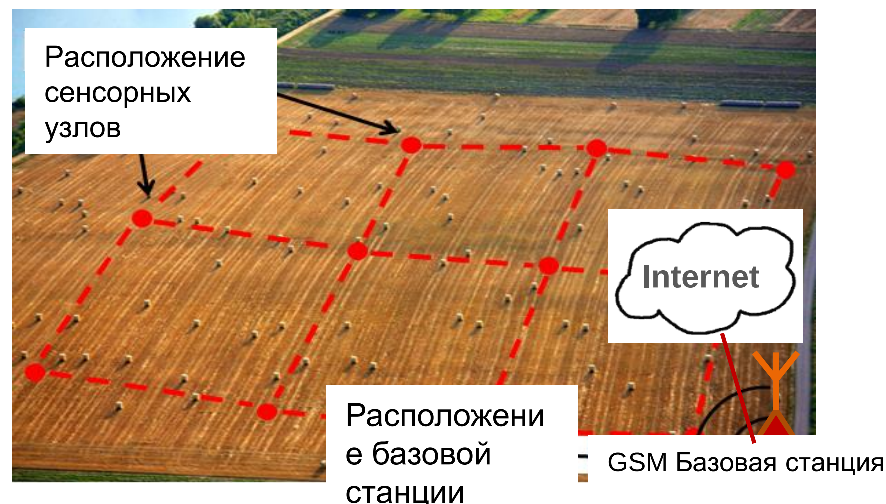
- Датчики влажности почвы (коммерчески доступны)
- Связь по кабелю с базовой станцией на поле
- Применение ограничивается несколькими объектами
- Датчики и кабели являются препятствием для работы в поле

Будущая цель: беспроводная и биоразлагаемая сенсорная сеть

- Датчики располагаются в поле на расстоянии 50 … 100 м друг от друга
- Определение влажности, температуры, почвенной влажности, солнечной радиации и GPS местоположение
- Радиосвязь для передачи данных на базовую станцию
- Базовая станция с GSM-подключением к центру управления у фермеров

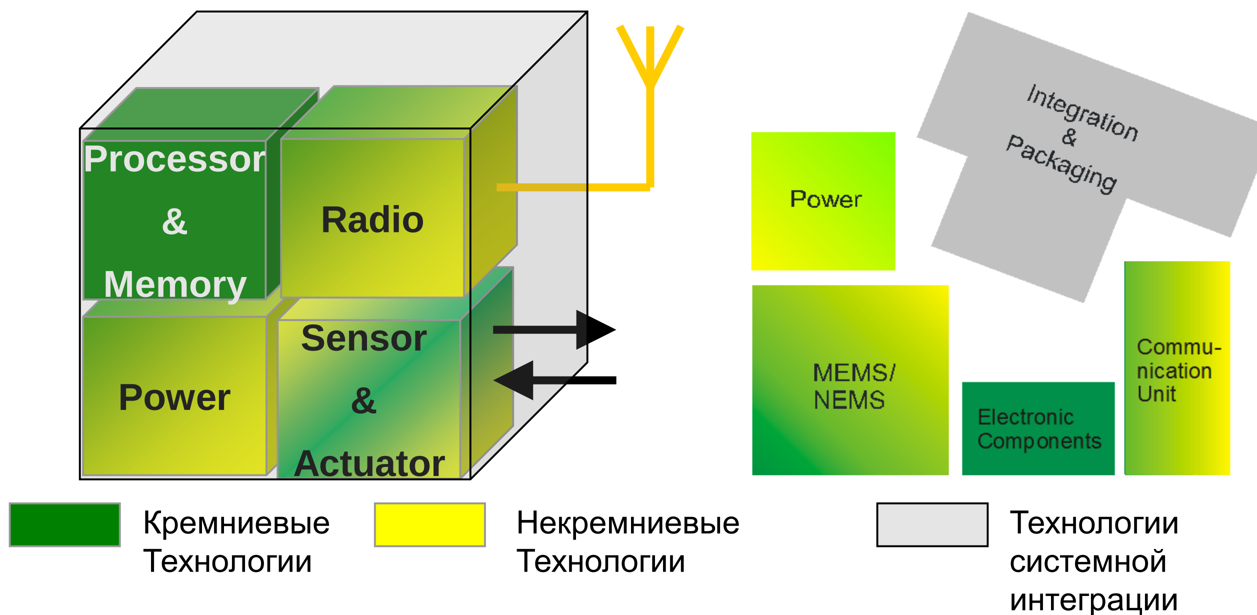


UP - Umweltanalytische Produkte GmbH



© Fraunhofer ENAS

Интеллектуальные системы для сельского хозяйства



Основные факторы

Технологии

МЭМС технологии

Современная интеграция

Датчики

Точные, Миниатюрные, Маломощные, Надёжные, Дешёвые

© Fraunhofer ENAS

Печатные батареи

Общие характеристики:
•Гибкие ZnMn батареи
•Толщина - 0.8 мм
•Увеличение напряжения путём каскадирования (1.5 В, 3 В, 4.5 В, 6 В, 9 В, 15 В, …)
•Ёмкость: 5 мАч/см²
•Гальванический элемент

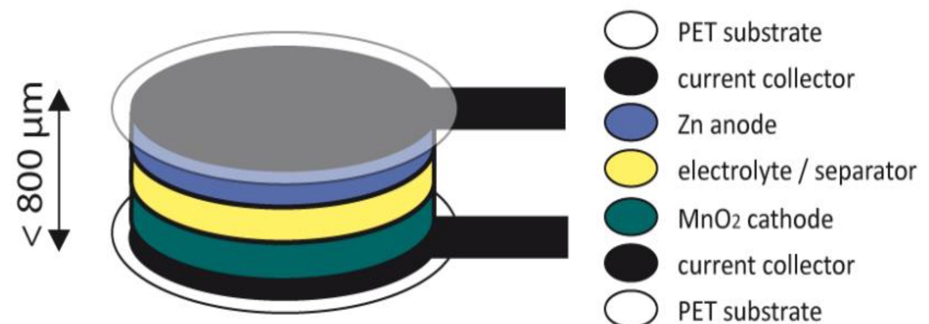
Преимущества:
•Низкая цена благодаря технологии печати
•Бесплатный дизайн контура
•Небольшой вес
•Отсутствие металлического корпуса
•Возможны биоразлагаемые подложки

Применение:
•Интеллектуальные системы
•Смарт-карты
•Полуактивная RFID метка

Уровень Технологической Готовности: 5



Демонстрация печатной батареи с LED



Основное устройство

© Fraunhofer ENAS

Печатные антенны

Общие характеристики:
•Возможны различные длины волн (868 МГц, 928 МГц, 2.4-2.5 ГГц, 5,8 ГГц, …)
•Диаграмма антенны зависит от расположения
•Примеры: Однополюсная антенна, Антенна-вибратор, Плоская спиральная антенна и т.д.

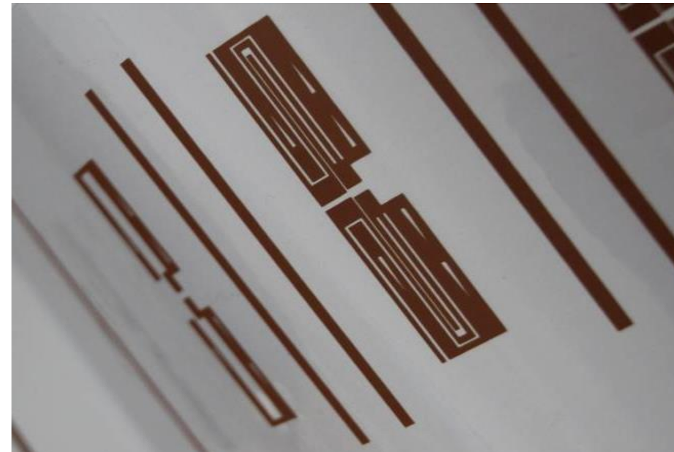
Преимущества:
•Гибкая, биоразлагаемая подложка
•Дешёвая технология печати

Применение:
•RFID, WLAN, Bluetooth
•Метаматериалы

Уровень Технологической Готовности: 6



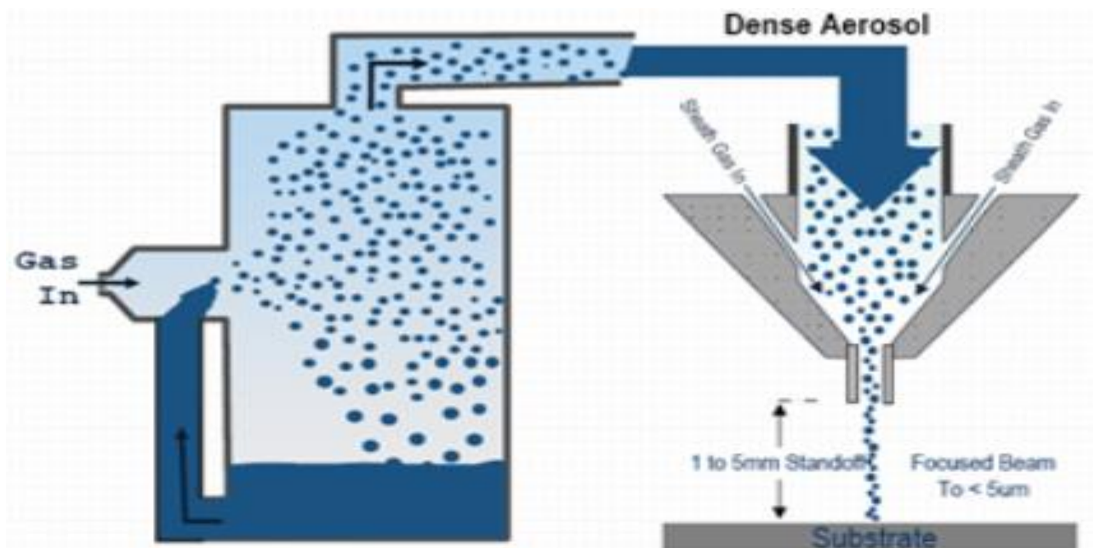
Печатная RFID-антенна (Ag на PET-подложке)



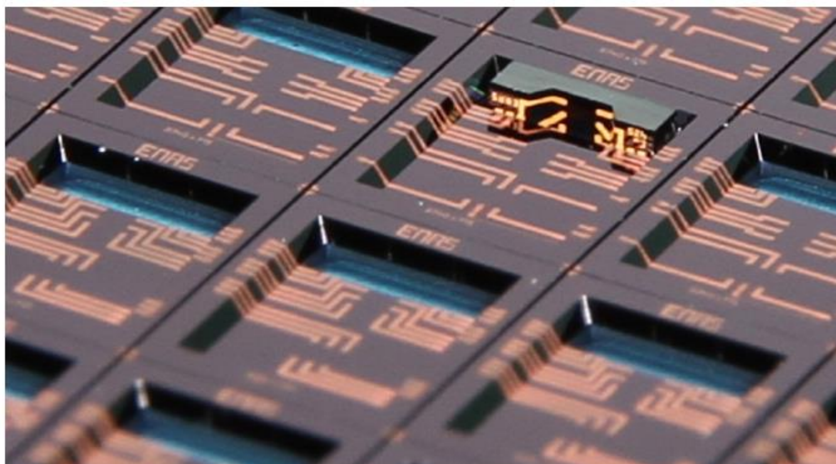
Печатные RFID- антенны (Cu на бумажной подложке)

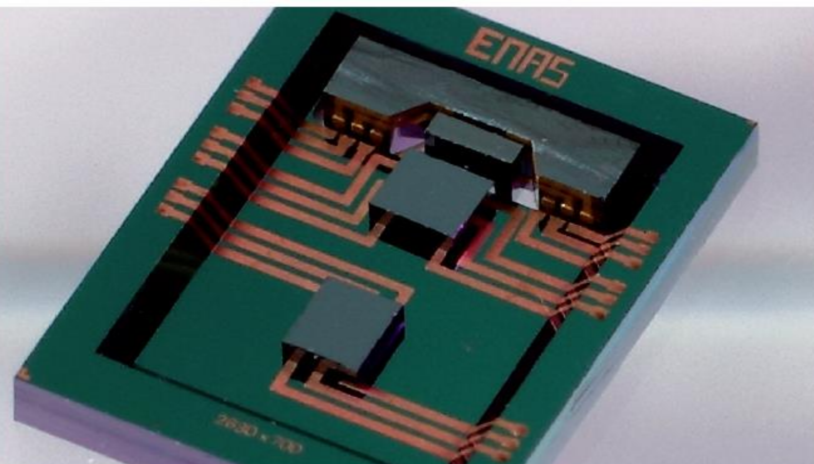
© Fraunhofer ENAS

Аэрозольная струйная печать для нанесения проводов на подложку



http://magazine.solarzoom.com/201012/images/ss5.png





Планка-шифратор с проводящими линиями, Si-чипами и сенсором (вертикальный)

© Fraunhofer ENAS

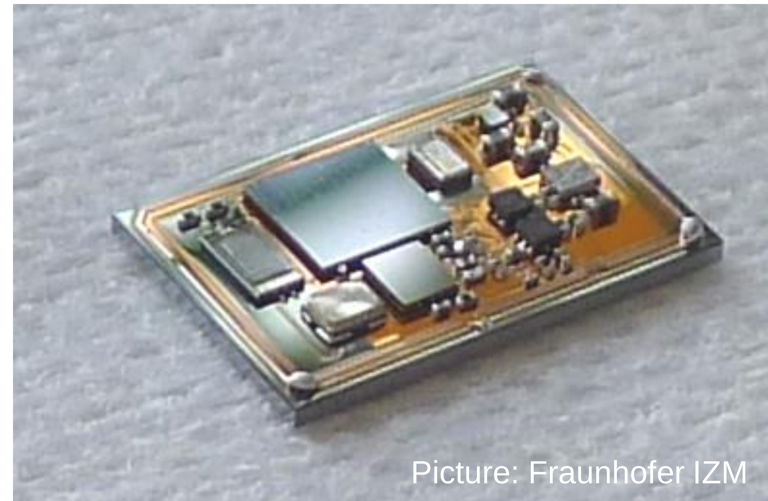
Беспроводные сенсорные узлы с WuRx

Общие характеристики:
•Миниатюрный сенсорный узел
•Радиопередача в диапазоне частот 2,4 ГГц ISM
•Предупреждающий приёмник
•Асинхронный режим передачи данных
•Внутренне определение: температура, ускорение
•Сенсорный интерфейс для внешних датчиков

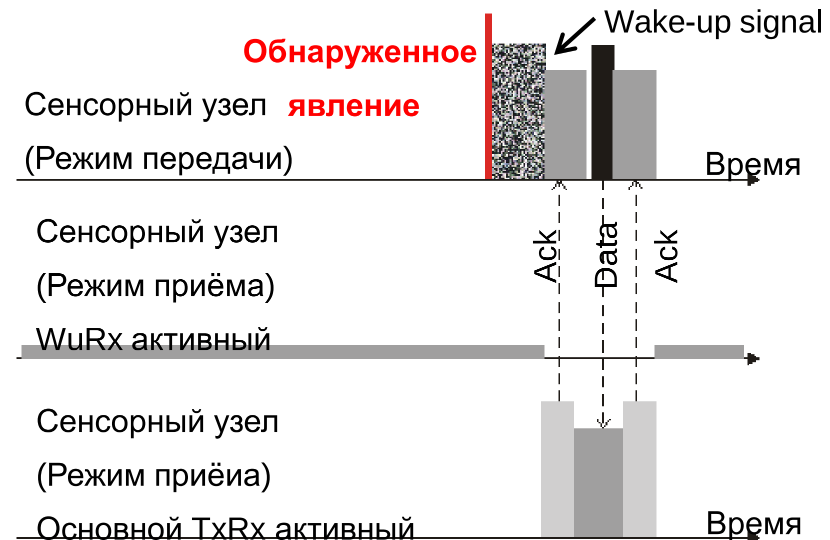
Преимущества:
•Конфигурация и реконфигурация автономной сети
•Низкое энергопотребление
•Встроенная антенна
•Очень меленький корпус (15 x 10 x 2 мм³)

Применение:
•Промышленные беспроводные датчики
•Мониторинг инфраструктуры (газ, электричество, транспорт, …)
•Применение беспроводных датчиков общего назначения

Уровень Технологической Готовности: 3



Wake-up приёмник на основе асинхронного режима передачи



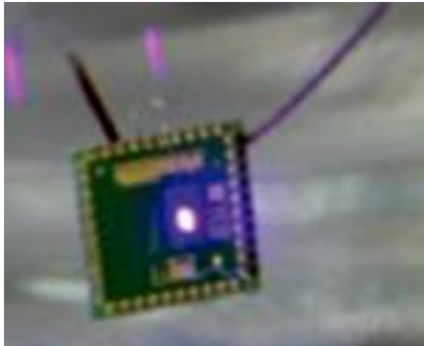
© Fraunhofer ENAS

RSREU

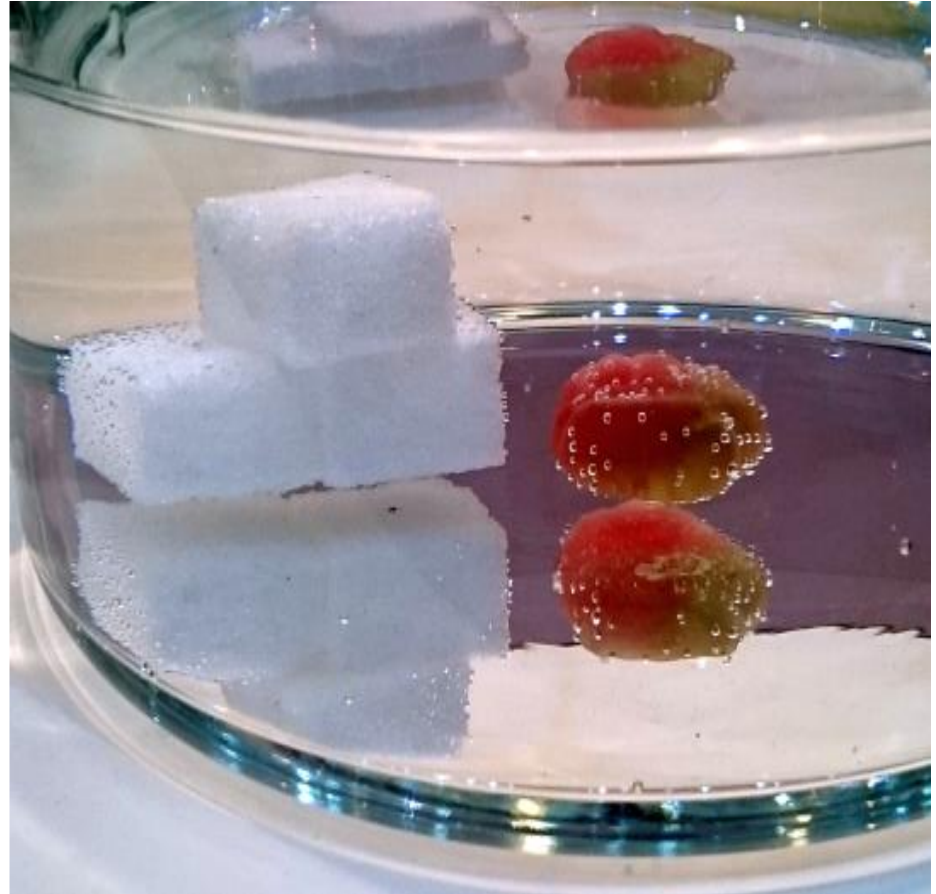
Fraunhofer ENAS

Осаждение парилена для защитных слоёв покрытия

- Конформное осаждение методом CVD
- Отсутствие отверстий
- Низкотемпературный процесс (< 50°C)



Электроника, покрытая париленом, под водой



Сахар, покрытый париленом, и желеобразные конфеты, находящиеся в воде в течение 8 часов

© Fraunhofer ENAS

Микроспектрометр *Фабри Перо*

Общие характеристики:

•Электрически регулируемый MOEMS фильтр для инфракрасного диапазона спектра (3-5 μm, 5-8 μm, 8-11 μm)

•Передача > 70%

•Диапазон частот (FWHM): 25-200 нм

•Напряжение управления: 15-60 В

•Размер апертуры: 2x2 мм²

Преимущества:

•Небольшая полоса пропускания

•Подходит к корпусу ТО-8 (7 x 7 x 0,6 мм³)

•Незначительное влияние вибрации и гравитации на центральную длину волны

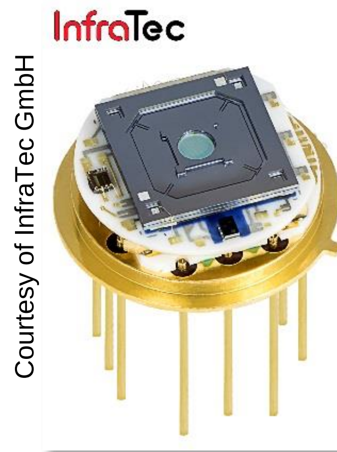
Применение:

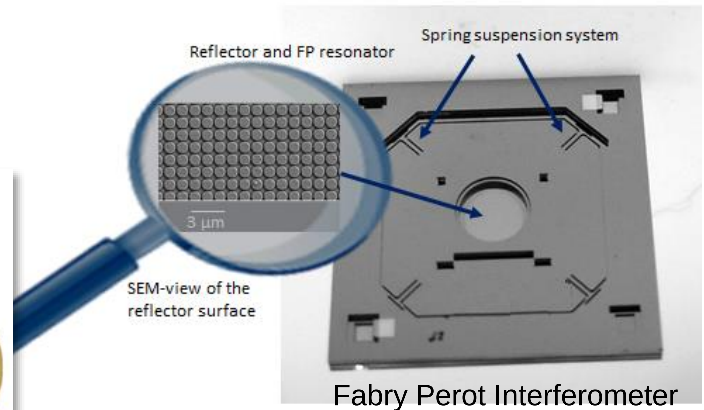
•Инфракрасные измерительные приборы

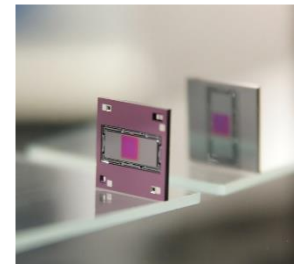
•Спектральный анализ газов

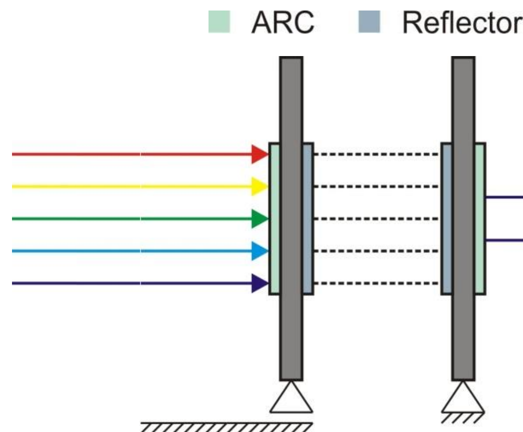
•Гиперспектральное изображение

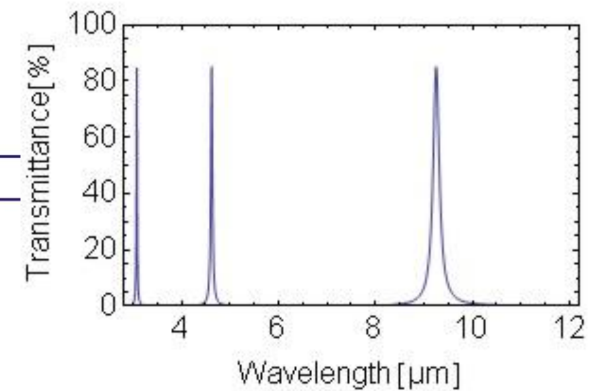
Уровень Технологической Готовности: 6









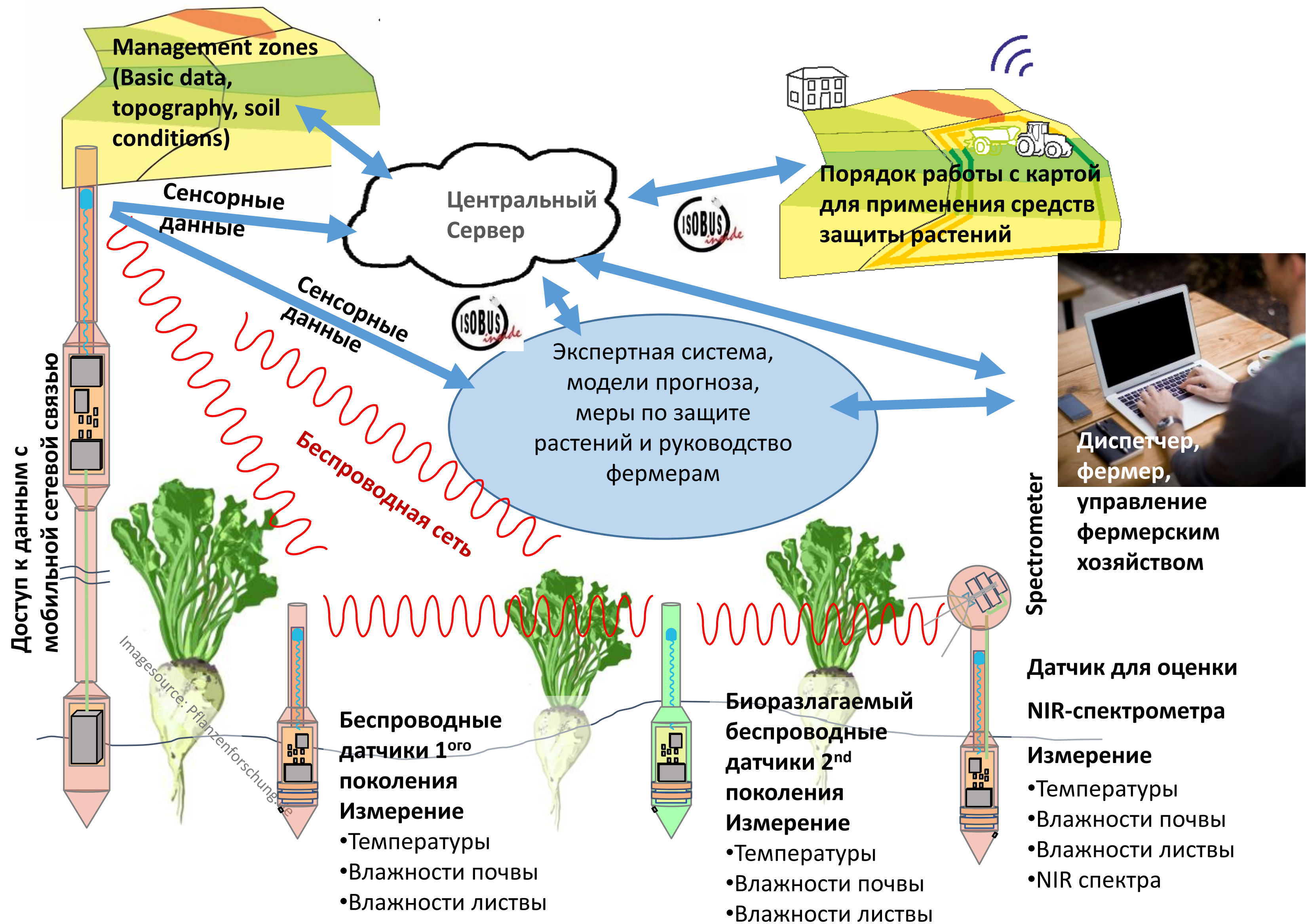


© Fraunhofer ENAS

RSREU

Fraunhofer ENAS

Сенсорная сеть для защиты растений



© Fraunhofer ENAS

RSREU

Fraunhofer ENAS

Заключение

- Существует большой спрос на технологии для высокоэффективной защиты растений с наименьшими затратами ресурсов и загрязнением окружающей среды.
- Точное земледелие, в том числе специфическое для конкретной местности и её части, является перспективным подходом к лечению растений.
- Значительно более точный прогноз вероятности заболевания растений будет достигнут путём измерения и оценки параметров микроклимата по сравнению с метеорологическими данными, используемыми в качестве основы для расчёта.
- Спектральное зондирование предоставляет дополнительную информацию о начале болезни растений.
- Микросенсорные сетевые технологии готовы к использованию в сельском хозяйстве для разработки биоразлагаемой сенсорной системы с целью измерения микроклимата и высокоточного управления зонами земледелия.

© Fraunhofer ENAS

RSREU

Fraunhofer ENAS

Возможности сотрудничества

Рязанский государственный радиотехнический университет

- Проводит исследования по разработке новых приборов и технологий
- Осуществляет передачу технологий в промышленность
- Сопровождает освоение новых приборов и технологий на промышленных предприятиях
- Оказывает содействие в продвижении разработанных изделий на рынок
- Осуществляет лицензирование интеллектуальной собственности

Fraunhofer ENAS

Fraunhofer разрабатывает новые устройства и технологии для передачи в промышленность.

Fraunhofer не является производителем приборов, но предоставляет образцы, позволяющие сократить время между лабораторными образцами и промышленным производством.

Модель сотрудничества:

1. Сначала образцы и прототипы производятся в Германии, чтобы сократить время
2. Передача технологии российским партнёрам
3. Помощь в наращивании производства в России
4. Лицензирование созданной IP

Пример источника финансирования: финансирование Министерством образования и науки (в России) and Федеральным министерством образования и науки (в Германии)

© Fraunhofer ENAS

RSREU

Fraunhofer ENAS